Stoffwechseluntersuchungen zur Ermittlung des ernährungsphysiologischen Wertes der Süßlupine mit besonderer Berücksichtigung ihres Eiweißes

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des

Medizinischen Doktorgrades

an der

Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Berlin

vorgelegt von

Berthold Fabricius
aus Pirmasens (Rheinpfalz)

Tag der Promotion: 31. 5. 1939

Druck: Karl u. Richard Hoffmann, Bln.-Charlottenburg Schillerstr. 44.

M 86

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Siebeck
Referent: Prof. Dr. A. Bickel
Korreferent: Prof. Dr. Lohmann

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Vor dem Kriege konnte die deutsche Landwirtschaft ein 65 Millionenvolk zu 80 % mit Eiweiß ernähren, während 20 % des Bedarfes eingeführt werden mußten. Dasselbe Verhältnis findet man im Jahre 1934 wieder, in dem die deutsche Landwirtschaft ein der Zahl nach gleich großes Volk wiederum zu rund 80 % selbst ernähren konnte. Dies war möglich durch Erhöhung der Ernteerträge, obschon Deutschland durch das Versailler Diktat 13 % seiner Gesamtflächen , im Besonderen 14,3 % seiner landwirtschaftlich genutzten Fläche verloren hatte. Der gesamte Eiweißbedarf in Deutschland für das Jahr 1934 betrug 4,5 Millionen Tonnen. Es fehlten also nach Ziegelmayer[1]) dem ich bei meinen Ausführungen folge, 1 Million Tonnen und es besteht nach diesem Autor die Möglichkeit dieses Eiweißdefizit von 1 Million Tonnen durch Maßnahmen unserer Landwirtschaft zu beheben. Er setzt allein durch Verstärkund des Futterpflanzenanbaues eine Mehrerzeugung von 300 000 t an. Es ist nun die Aufgabe der Ernährungsphysiologie die wissenschaftlichen Grundlagen dafür zu schaffen, welche Futterpflanzen angebaut werden sollen. Letzten Endes bildet doch die Befriedigung der Bedürfnisse der Eiweißernährung des deutschen Volkes und seines Heeres eine der Grundvoraussetzungen für die Sicherung der strategischen Lage des Deutschen Reiches. Da der Mehrerzeugung von tierischem Eiweiß durch die Frage der Futtermittelbeschaffung immer eine gewisse Grenze gesetzt bleibt, tauchte in den letzten Jahren immer dringender die Frage nach eiweißhaltigen Pflanzen auf, die in quantitativer und qualitativer Beziehung als hochwertige Eiweißbildner in Frage kommen. Es kommen hierbei nach ernährungsphysiologischen Versuchen in erster Linie die Sojabohne und die bitterstofffreie Lupine in Betracht. Die Sojabohne in ihrem Wert als Eiweiß- und Fettträger ist bereits seit Jahren bekannt. Die Pflanzenzüchtung bemüht

sich mit Erfolg den Haupthinderungsgrund, der im Klima liegt (die Sojabohne stammt ursprünglich aus der Mandschurei) durch Züchtung von Pflanzensorten, die sich unserem Klima anpassen, zu beseitigen. Nachteilig muß für die Sojabohne genannt werden, daß sie in Bezug auf Bodenansprüche nicht eben bescheiden ist und nur auf schwerem Boden gedeiht. Aber gerade das bessere Land ist begrenzt, oder man schließt eine Lücke, indem man eine andere aufreißt; so muß vor allem das schlechtere Land sinnvolle Verwendung finden.

Für die Lupine liegen die Verhältnisse günstiger, da sie bei großer Anspruchslosigkeit gerade auf leichtem, sandigen Boden wächst und somit für den Anbau in ausgedehnten Gebieten von Ostdeutschland vorzüglich geeignet ist.

Wenn es sich nun darum handelt den ernährungsphysiologischen Wert eines Eiweißes zu bestimmen und daraus ein Urteil über den Grad der Zweckmäßigkeit der landwirtschaftlichen Erzeugung eines solchen Eiweißes herzuleiten, dann ist es erforderlich nach möglichst verschiedenen Richtungen hin die ernährungsphysiologische Wirkung eines derartigen Eiweißes zu untersuchen. Dann muß man diese Ergebnisse mit denjenigen bei einem Eiweiß vergleichen, das im allgemeinen als optimal in jeder Hinsicht für die Ernährung gelten kann. Ein solches Eiweiß ist das Milcheiweiß. Am zweckmäßigsten nimmt man bekanntlich hier als Vergleichsobjekt das Kasein. Ich sagte, daß diese ernährungsphysiologische Prüfung entsprechend den vielfachen Funktionen des Nahrungseiweißes im Körper nach möglichst verschiedenen Richtungen zu erfolgen habe. Darum wendet sich auch Bickel[2]) in seinem Züricher Vortrag gegen den Gebrauch den „biologischen Wert" eines Eiweißes nur seiner Wirkung auf den Baustoffwechsel d. h. auf Körperwachstum und Regeneration einschließlich Deckung der Abnutzungsquote gleichzusetzen. Denn neben der Wirkung auf den Baustoffwechsel steht die regulatorische Wirkung des Nahrungseiweißes auf den Betriebsstoffwechsel, auf die Wärmebildung im allgemeinen, wie sich am Grundumsatz und außerdem in der spezifisch dynamischen Wirkung zeigt. Im ersteren Falle haben wir es

mit einer dauernden regulatorischen Wirkung der Derivate des Nahrungseiweißes auf die Umsetzungen im Zwischenstoffwechsel zu tun, wie sie vor allen Dingen auch in Erscheinung tritt bei Einhaltung bestimmter Versuchsbedingungen an der Beeinflussung der Harnquotienten C : N und Vacat-O : N. Dahin gehören auch die Einwirkungen der Nahrungseiweißqualität auf die Glycogenversorgung des Körpers, teilweise im Sinne einer Baustofflieferung für das Glycogen, teilweise im Sinne einer mehr regulatorischen Wirkung bei der Glycogenbildung aus Fett und Kohlehydraten und der Glycogendeponierung. Das sind nur einige Beispiele aus der großen Zahl der Vorgänge im Körper, bei denen eine Beziehung der Nahrungseiweißqualität zutage tritt. Ich erinnere an das Eingreifen des Stickstoffstoffwechsels bei der Bildung von Hormonen wie überhaupt spezifischer stickstoffhaltiger Zellprodukte. Diese Ausführungen genügen aber, um die Wirkung des Nahrungseiweißes in seinen resorbierten Derivaten im intermediären Stoffwechsel nach verschiedenen Richtungen zu beleuchten.

Zu alledem kommt noch bei der Beurteilung eines eiweißhaltigen Nahrungsmittels, daß das Eiweiß vermischt mit anderen Substanzen und vor allem auch eingeschlossen in andere Substanzen vorhanden ist. Dies ist bei allen pflanzlichen eiweißhaltigen Nahrungsmitteln der Fall. Es können dadurch sogar erhebliche Differenzen in der Ausnutzung einer eiweißhaltigen Kost im Darme vorkommen. Gerade dieses letztere Moment hat auch wesentlichen Einfluß bei der Beurteilung des ernährenden Wertes des Samens der Lupine beziehungsweise der aus ihr bereiteten Schrote und Mehle.

Nun ist die ernährungsphysiologische Bedeutung der Süßlupine als Eiweißträgerin bereits nach verschiedenen Richtungen hin untersucht. Diese Untersuchungen bezogen sich auf die Eignung der Süßlupine als Eiweißträgerin bei der Viehernährung. Aber es sind auch schon genauere Versuche angestellt worden über die Bedeutung des Süßlupineneiweißes auf das Körperwachstum d. h. auf den Baustoffwechsel, ferner über die Lage der Harnquotienten C : N und Vacat-O : N, also auf die Oxydationslage des

Körpers, wenn Süßlupinenmehl der Nahrungsstickstoffträger ist. Es sind endlich auch schon Untersuchungen ausgeführt worden, durch die der Glycogengehalt der Leber bestimmt wurde, wenn entweder Süßlupinenmehl oder Casein oder auch andere eiweißhaltige pflanzliche Nahrungsmittel in Vergleichsversuchen den Nahrungsstickstoff lieferten, die Nahrung aber im übrigen reich an Kohlehydrat und Fett und allen aczessorischen Nährstoffen war. Im einzelnen war das Ergebnis dieser Versuche folgendes:

Aus den Arbeiten von Mangold[3]), Kronacher, Kliesch u. Hundsdörfer[4]) und von Columbus[5]) geht hervor, daß die Wertigkeit des Eiweißes der Süßlupinenkörner für das Wachstum jugendlicher Tiere etwa 55—60 % beträgt im Vergleich zum Werte des Milcheiweißes von 95—100 %. Seinem Wachswerte entsprechend beeinflußt das Lupineneiweiß auch die Fruchtbarkeit. Für das Körperwachstum steht es dem Eiweiß der Sojabohne nahe und bleibt nur wenig hinter dem der Kartoffel zurück. Den Leguminoseneiweißen ist es in dieser Hinsicht überlegen. Es muß auch hier wieder festgestellt werden, daß derartige Eiweiße in keiner Weise für den Baustoffwechsel dem Fleisch- oder Milcheiweiß ebenbürtig sind, wie es immer wieder von dem Sojabohneneiweiß oder dem Kartoffeleiweiß gesagt wird. Die Wirkung des Süßlupineneiweißes auf den Baustoffwechsel beim Vieh ist am besten, wenn es als Süßlupinenschrot in Verbindung mit anderen bewährten Kraftfuttermitteln z. B. Gersten- oder Haferschrot verfüttert wird. Vielleicht spielt allerdings die Geschmackskomponente hier mit eine Rolle, da die Tiere die erwähnten Futtermischungen lieber annehmen als reines Süßlupinenschrot. Auf die Milchbildung bei Kühen besteht in Bezug auf die Quantität kein nennenswerter Einfluß, in Bezug auf die Qualität scheint die Milchfettleistung unbedeutend zurückzugehen.

Bei der Untersuchung der Wirkung des Süßlupinenmehls auf die Glykogenablagerung in der Leber wurde im hiesigen Laboratorium von Bongart[6]), Köeppen[7]), und Fabricius[8]) an Ratten vergleichsweise der Glykogengehalt der Leber nach Fütterung mit gemischter Nahrung festgestellt, in der vergleichsweise entweder 1. Lupinen-

mehl oder Casein, 2. Lupinenmehl oder Kartoffel, 3. Lupinenmehl oder Sojabohnen die Nahrungs-N-Träger waren. Hierbei ergab sich, daß hinsichtlich seiner glycogenisierenden Wirkung sich das Eiweiß der Süßlupine annähernd wie Casein verhält, daß es sich hierbei wesentlich von Kartoffel- und Sojabohneneiweiß unterscheidet. In Bezug auf diese, wie man wohl annehmen darf, dynamisch-regulatorische Tätigkeit verhalten sich die Derivate des Lupineneiweißes im Betriebsstoffwechsel wie diejenigen des Caseins, die des Sojabohneneiweißes aber viel ähnlicher, wie diejenigen der Kartoffel.

Weiterhin wurde das Lupineneiweiß in Form von Mehl in Versuchen am Tier in seinem Einfluß auf den Betriebsstoffwechsel untersucht. Die Untersuchungen geschahen nach den von Bickel[2]) in seinem Buch über die Brotnahrung des deutschen Volkes und seines Heeres genau geschilderten Methoden. Es wird dabei die allgemeine Oxydationslage an einem Querschnitt durch den Gesamtstoffwechsel ermittelt, den eben die genannten Harnquotienten liefern. Es ergab sich hierbei, daß die Süßlupine im Zwischenstoffwechsel fast dieselbe Oxydationslage unterhält, wie das Casein, wenn es in der definierten, gemischten Versuchsnahrung der Nahrungs-N-Träger ist. Maßgebend war die Lage der Harnquotienten C : N und Vacat-O : N. Im Vergleich zu den Caseinperioden zeigten sich in den Süßlupinenperioden geringere absolute Werte für C, Vacat-O und N. Das Verhältnis der absoluten Werte C und N blieb aber in den Süßlupinenperioden fast genau so gewahrt, wie in der Caseinperiode. Dagegen stieg in den Süßlupinenperioden im Vergleich zur Caseinperiode das Verhältnis Vacat-O : N leicht an. Diese an sich nur geringfügige Steigerung bei Vacat-O : N wurde deshalb nicht als physiologische Schwankung erklärt, weil sie in zwei Versuchen auftrat und fortschreitenden Charakter bei der Betrachtung der aufeinanderfolgenden Werte zeigte. Der Befund der positiven N-Bilanz von fast gleichen Werten in den Süßlupinenperioden sprach dafür, daß der Stickstoff der Süßlupine im Rattenkörper gut resorbiert wurde, wenn man auch bei derartigen Gruppenversuchen an Ratten keine verläßliche N-Bilanz wegen schwer vermeidlicher Harn-

verluste aufstellen kann. Die Rattenversuche zeigten in den Kotanalysen eine geringe Vermehrung des Kotstickstoffs in der ersten Süßlupinenperiode und einer ungefähr gleichen Kotstickstoffmenge der zweiten Süßlupinenperiode gegenüber der Caseinperiode. Ebenso verhielten sich die Trockenkotmengen. Es liegt hier wohl die Angleichung der Darmfunktion an eine bestimmte Aufgabe vor. Bekanntlich gehört die Ratte zu den Tieren, die Zellulose gut verdauen, sie wird mit der Zeit der in dem Mehl enthaltenen Schlacken gut Herr und resorbiert den Stickstoff ausgezeichnet.

Die Versuche am Tier mit Süßlupinenmehl haben uns gewiß wertvolle Aufschlüsse über den Einfluß des betreffenden Eiweißes auf Betriebs- und Baustoffwechsel gegeben, es mußten aber auch im Menschenversuch diese Einwirkungen nachgeprüft werden, wenn dieses hochwertige pflanzliche Eiweiß auch der menschlichen Ernährung zugeführt werden sollte.

In einem ersten kurzfristigen Versuche am Menschen, den ich an mir selbst ausführte, wurde ebensowohl die Resorption des Lupineneiweißes im Darm untersucht, wie auch die Lage der Harnquotienten C : N und Vacat-O : N bestimmt. Der Versuch setzte sich aus zwei Perioden zusammen, von denen die erste 5 Tage dauerte und die zweite 6 Tage.

Die Diäten für die beiden Perioden waren nach folgenden Gesichtspunkten zusammengesetzt:

In beiden Diäten war gewissermaßen eine Grundnahrung gemischter Natur enthalten mit einem Eiweißgehalt von ca. 65 g. Die überwiegende Menge dieses Eiweißes war solches, das eine niedrige Harnquotientenlage unterhält, wenn es jeweils der alleinige Nahrungsstickstoffträger in einer gemischten Nahrung ist. Dahin gehört vor allen Dingen das in dieser Grunddiät enthaltene Eiweiß des Rindfleisches, der Milch, der Makkaroni, des Weizengrießes und des Weizenzwiebacks, bis zu einem gewissen Grade auch noch das Eiweiß des Käckebrotes, das nur auf den Oxydationsquotienten schwach steigernd wirkt.

Um eine Gleichmäßigkeit in der Fleischnahrung herzustellen, wurden aus einer großen Portion mageren, gekochten Rindfleisches und aus Schweineschmalz Konserven her-

gestellt. Jede Konservenbüchse enthielt die Tagesportion und zwar 150 g mageres, gekochtes, frisches Rindfleisch und 30 g Schweineschmalz.

In der ersten Versuchsperiode wurde nun zu dieser Grunddiät eine Zulage von 12,25 g Weizenklebereiweiß gegeben. Immer ist in dieser Arbeit als Eiweißwert angegeben der Stickstoffwert × 6,25. In der zweiten Versuchsperiode wurde nun dieses Weizenklebereiweiß in N-aequimolecularer Menge durch das Eiweiß im Süßlupinenmehl ausgetauscht. Da im Süßlupinenmehl im Gegensatz zu dem Weizenklebereiweißpräparat, das uns zur Verfügung stand, noch etwas Fett und Kohlehydrat enthalten ist, war der Kaloriengehalt in der zweiten Versuchsperiode um ca. 30 Kalorien höher als in der ersten. Das ist eine Kaloriendifferenz bei der Gesamt-Kalorienzahl von über 2500 bei einem 75 kg schweren Menschen, die auf das Versuchsergebnis keinen Einfluß haben kann.

Die 24-stündigen Harnmengen wurden gemessen und in ihnen wurde der Kohlenstoff, der Vacat-Sauerstoff und der Stickstoff bestimmt. Der Kot wurde periodenweise gesammelt unter Zusatz von etwas Salzsäure und in der üblichen Weise auf dem Wasserbad getrocknet. So konnte die Trockenkotmenge und der Kotstickstoff auf den Tag im Durchschnitt berechnet werden. Das Körpergewicht wurde täglich bestimmt. Die Flüssigkeitsmenge war nicht beschränkt. Hinsichtlich des Durstgefühls bestanden keine Besonderheiten. Die Beschäftigung war die übliche auf einer chirurgischen Abteilung. Das Körpergewicht überschritt nur am 1. und 5. Versuchstage den Wert von 75 kg um 0,02—0,06, sonst blieb es konstant bei 75 kg. In der ersten Periode war die tägliche Harnmenge größer als in der zweiten Periode. Da in der zweiten Periode die Kotmenge erheblicher war, kann man annehmen, daß auch weniger Wasser resorbiert wurde als in der ersten Periode und daß damit die Differenz in der Harnmenge vielleicht zusammenhängt.

Bevor nun mit den Analysen begonnen wurde, war schon die Diät der ersten Periode zwei Tage eingehalten worden, damit der Körper sich auf die neue Kostordnung einstellen sollte. Zwischen dem letzten Analysentag der

ersten Periode und dem 1. Analysentag der zweiten Periode lag wiederum ein Tag, an dem nicht analysiert wurde, aber schon die Diät der zweiten Periode verzehrt wurde. Wenn man nun diesen Zwischentag und den ersten Analysentag unberücksichtigt läßt und nur die letzten 5 Tage der zweiten Periode berücksichtigt, dann hat man zwei korrespondierende Versuche von je 5 Tagen nach voraufgegangener zweitägiger Vorfütterung mit der für die betreffende Periode zuständigen Diät. Man kann dann annehmen, daß während der der Beurteilung zugrunde liegenden 5 Tage jeder Periode auch der Körper unter dem vollen Einfluß der jeweils zuständigen Diät gestanden hat und daß Nachwirkungen der voraufgegangen Ernährungsweise sich nicht mehr bemerkbar machen.

In der ersten Periode betrug im Mittel der Harnstickstoff 12,387 g täglich, in der zweiten Periode 9,929 g. Die Trockenkotmenge betrug im Mittel täglich in der ersten Periode 31,86 g mit 1,799 g Stickstoff, in der zweiten Periode 46,20 g mit 2,816 g Stickstoff. Die Eiweißberechnung der Nahrung erfolgte mit Ausnahme des Weizenkleber-eiweißes und des Lupinenmehls, die von uns ad hoc analysiert wurden, nach der Tabelle von Schall. Wie ich oben ausführte, enthielt die Nahrung in beiden Perioden rund 78 g Eiweiß. Das würde einen Stickstoffgehalt von (78 : 6,25) 12,4 g entsprechen. Mithin würde für die erste Periode folgende Rechnung gelten:

Nahrungs-N	+ 12,4 g
Kot-N	— 1,8 g
Resorbierter N	+ 10,6 g
Harn-N	— 12,387 g
N-Bilanz:	— 1 787 g

Bei dieser Berechnung muß man sich darüber klar sein, daß es sich nur um eine Ueberschlagsrechnung handelt, weil der Nahrungsstickstoff nicht für alle Nahrungsmittel ad hoc analysiert wurde und Abweichungen von den Zahlen der Schall'schen Tabelle möglich sind, die sich dann natürlich auch auf die N-Bilanz eines solchen Falles auswirken müssen. Da aber die von mir während des ganzen Versuches verzehrte Nahrung zum großen Teil aus den-

selben Quellen stammte, besonders gilt das auch für das Fleisch, kann man annehmen, daß in beiden Diäten der Nahrungsstickstoff ungefähr der gleiche war. Wenn wir jetzt die Bilanzrechnung für die zweite Periode aufstellen, finden wir folgendes:

Nahrungs-N	+ 12,4 g
Kot-N	— 2,8 g
Resorbierter N	+ 9,6 g
Harn-N	— 9,929 g
N-Bilanz:	— 0,329 g

Aus einem Vergleich der beiden Bilanzberechnungen ergibt sich zummindesten soviel, daß die N-Bilanz bei einem Ersatz eines Teiles des vegetabilischen Nahrungseiweißes durch Lupineneiweiß sich jedenfalls nicht verschlechtert hat.

Bei diesem Versuch kamen auf 78 g Eiweiß in der zweiten Periode 12 g Lupineneiweiß, d. h. es waren 15,9 % des Nahrungseiweißes Lupineneiweiß. Die Lupinenmehlmenge mit diesem Eiweißgehalt hatte genügt, um den Trockenkot und den Kotstickstoff wesentlich zu erhöhen. In der ersten Periode mit der zusätzlichen Gabe des reinen Weizenklebereiweißes war die gesamte Stickstoffausnutzung im Darm 85 %. Sie sank beim Ersatz des reinen Weizenklebereiweißes durch eine N-aequimoleculare Menge eiweißhaltigen Lupinenmehls auf 77 %.

Alle diese Rechnungen gelten natürlich nur unter der Annahme, daß der Kot-N unresorbierter Nahrungs-N ist. Diese Annahme ist bekanntlich nicht ganz richtig, da eine unbekannte Quote des Kot-N auch immer Secret-N ist. Aber das sind alles Zahlen, die bei diesen Rechnungen gefunden wurden, wie man sie bei der Gabe vegetabilischer Nahrungseiweiße gewöhnlich antrifft. Diese Beobachtungen am Menschen stimmen mit denen bei Ratten überein. Auch hier hatte sich bei dem Ersatz des Caseins durch Lupinenmehl in n-aequimolekularer Menge wenigstens zunächst eine Vermehrung des Trockenkotes und der Stickstoffmenge gezeigt, während eine Ueberschlagsrechnung über die N-Bilanz ergeben hatte, daß in der Lupinenmehl-

Periode in dieser Hinsicht der Körper nicht schlechter gestellt war als in der Kasein-Periode. Man muß nur immer daran denken, daß bei dem Rattenversuch in der einen Periode Kasein das ganze Nahrungseiweiß bildete und daß in der Lupinen-Periode das ganze Nahrungseiweiß von Lupinenmehl geliefert wurde und zwar Lupinenmehl, das aus demselben Vorrat stammte, dem auch ich mein Lupinenmehl entnommen hatte. In meinem Menschenversuch aber waren nur 15,9 % des gesamten Nahrungseiweißes vom Eiweiß des Lupinenmehls gedeckt worden und hier hatte schon diese geringe Zumischung von Lupinenmehl genügt, um die Trockenkot-, Kotstickstoff- und N-Resorptionsverhältnisse ähnlich zu gestalten, wie sie auch im Rattenversuch wenigstens anfänglich zur Anschauung gekommen waren. Im einzelnen ist zu alledem noch folgendes zu sagen: Da in dem Lupinenmehl 1,96 g N dem Körper zugeführt wurden, der Kot in der Lupinen-Periode aber 1,017 g N mehr enthielt als in der Vorperiode, muß auch dann, wenn selbst das ganze Kot-N-Plus in der Lupinen-Periode nicht-resorbierter Lupinen-N gewesen wäre, doch mindestens 0,94 g Lupinen-N, d. h. annähernd 50 % resorbiert worden sein. Man muß aber berücksichtigen, daß in der Lupinenperiode fast $^1/_3$ mehr Trockenkot täglich geliefert wurde als in der Vorperiode. Das hängt mit dem größeren Schlackengehalt der Lupinennahrung zusammen, der eine entsprechend große Sekret-N-Menge nach sich zieht. Das kann als bekannt vorausgesetzt werden. Aus diesem Grunde ist es auch nicht zulässig, das ganze Kot-N-Plus in der Lupinen-Periode auf nicht-resorbiertes Lupineneiweiß zu beziehen.

Daß im Gegensatz zum Rattenversuch in meinem Versuch nur 15,9 % des Nahrungseiweißes von Lupineneiweiß gedeckt wurden, müssen wir uns auch vor Augen halten, wenn wir jetzt die Werte der Harnquotienten betrachten. Aus den Rattenversuchen wissen wir, daß C : N unverändert blieb, daß aber Vacat-O : N eine leichte Steigerung erkennen ließ. Auch in meinem Versuch hatte C : N in beiden Perioden denselben Wert, Vacat O,: N aber ließ in der Lupinen-Periode eine deutliche kleine Steigerung erkennen, die annähernd von demselben Ausmaße war, wie

es bei den Rattenversuchen beobachtet worden war. Es ist das gewiß sehr merkwürdig, daß die Anwesenheit einer verhältnismäßig geringen Menge von Lupineneiweiß in der Eiweißmischung der Nahrung in dieser Weise der Oxydationslage im Zwischenstoffwechsel seinen Stempel aufdrücken kann.

Entsprechend den 78 g Nahrungseiweiß als Tagesration bei einer Eiweißmischung, in der hauptsächlich Eiweiße enthalten waren, die mit einer niedrigen Harnquotientenlage verkoppelt sind, lagen bei mir die Harnquotientenwerte innerhalb der bekannten normalen Grenze. Auffallend war, daß in der 1. Periode Vacat-O : N fast denselben Wert hatte, wie C : N, während es bei der üblichen gemischten Kost, in der vor allem Pflanzeneiweiße in etwas größerer Menge vertreten sind als es in meiner Diät der Fall war, gewöhnlich etwas höher liegt. Während jeder Periode differierten an den 5 der Berechnung zugrunde liegenden Versuchstagen die täglichen Harnquotientenwerte immer nur in der zweiten Dezimale. Es bestätigt also auch dieser Versuch am Menschen, was der Versuch an Ratten bereits gezeigt hatte, daß das Lupineneiweiß, wenn es einen Teil des Nahrungseiweißes bildet, die Oxydationslage im Zwischenstoffwechsel nicht nennenswert verschlechtert. Die Verminderung der Harnstickstoffwerte war wie beim Menschen auch bei den Ratten aufgetreten.

Dieser Versuch, den ich an mir selbst ausführte, und der im vorstehenden geschildert wurde, war ein verhältnismäßig kurzfristiger Versuch. Er dauerte im Ganzen zwei Wochen. Wenn das Lupineneiweiß in die menschliche Ernährung eingeführt werden soll, dann heißt das, daß ohne Rücksicht auf eine bestimmte Zeit dieses Eiweiß konsumiert werden soll. Es war daher wünschenswert auch einmal in einem länger dauernden Versuche am Menschen zu beobachten, wie sich die Ernährung gestaltet, wenn eine gewisse Quote des Nahrungseiweißes vom Süßlupinenmehl geliefert wird. Die Nahrung war ähnlich zusammengesetzt wie in meinem Versuch in der 2. Periode, nur war der Gesamteiweißgehalt mit 93 g und auch der Kaloriengehalt mit 3312 Kalorien größer als bei mir. Die Fleischversorgung geschah in derselben Art und in derselben Menge wie bei

mir durch ad hoc hergestellte Konserven. Diese Diät enthielt in ihren 93,3 g Eiweiß 9,6 g Lupineneiweiß. Das gesamte Nahrungseiweiß enthielt also ungefähr 10 % Lupineneiweiß. Die Versuchsperson hatte ein Anfangsgewicht von 59 kg. Es handelte sich um einen Studenten der Medizin, der während des 52 tägigen Versuches periodenweise schwere köreprliche Arbeit an einer medicomechanischen Apparatur leisten mußte. Das Körpergewicht stieg bis 63 kg allmählich an, sodaß eine Gewichtszunahme von 4 kg festzustellen war. Im Mittel betrug die tägliche Trockenkotmenge bei dieser Versuchsperson 56, 74 g mit 3,321 g Stickstoff. Man sieht, daß die Größenordnung für die Trockenkot- und Kotstickstoffwerte in den beiden Menschenversuchen annähernd dieselbe ist. Bei diesem Menschenversuch zeigte eine überschlägige Rechnung mangels einer genauen Bestimmung des Nahrungsstickstoffs eine dauernde Positivität der N-Bilanz nicht unerheblichen Grades, die mit der starken Vermehrung des Körpergewichtes und der Arbeitshypertrophie der Muskulatur ihre Erklärung findet. Dieser Versuch, den ich hier schilderte und mit verfolgte, wurde im Hygienischen Institut der Universität Berlin ausgeführt und wird von dort ausführlich veröffentlicht. Herrn Professor Z e i s s und Herrn Professor E h r i s m a n n bin ich dankbar verpflichtet, daß ich an diesem Versuch Anteil nehmen konnte.

In diesem Versuch sollte gezeigt werden, daß auch bei länger dauerndem Genuß des Lupineneiweißes eine günstige Ernährungslage unterhalten werden kann, daß es in der gegebenen Mischung gut vertragen wird und daß der Körper voll leistungsfähig ist. Alles dieses hat der Versuch klar erwiesen.

Diät des langfristigen Versuches am Menschen.

	Kalorien	Menge	Eiweiß
Knäckebrot (Sorte H)	515	150	15,0
Butter	512,3	65	--
Orangenmarmelade	119,6	40	0,16
Emmenthaler Käse	212	50	14,0
Schokolade, halbbitter	536	100	6,5
Reis	176	50	3,9
Lupinenmehl	73,8	18	9,6
Zucker	20,5	50	—
Kondens. Vollmilch ohne Zucker	82	50	4,0
Weizengries	171	50	4,7
Rohe Aepfel	295	500	2,0
Tomaten	26	100	1,0
Fleischspeise:			
Mageres Rindfleisch	180	150	30,9
Schweineschmalz	277,5	30	0,9
Grüner Salat, Zittronen nach Belieben, Zimt.	—	—	-
Zwetschgen, getrocknet m. Kernen	115	50	0,8
	3311,7 Kal.	1453 g	93,46 g

Diät des kurzfristigen Eigenversuches am Menschen.

	Menge i. g	Kalorien	Eiweiß i. g
Knäckebrot (Sorte H)	150	517,5	17,10
Butter	160	471,0	0,36
Orangenmarmelade	40	119,6	0,16
Schokolade, halbbitter	25	140,5	1,60
Makkaroni	30	110,7	3,87
Zucker	45	184,5	—
Kondens. Vollmilch	50	82,0	4,00
Weizengries	30	105,6	2,82
Rohe Aepfel	250	147,5	1,00
Fleischspeise:			
Mageres Rindfleisch:	150	180,0	30,90
Schweineschmalz:	30	277 5	0.09
Friedrichsdorfer Zwieback	30	116,1	3,75
Grüner Salat ohne Oel, frische Zitrone nach Belieben	—	—	—
Dünner Tee nach Belieben	—	—	—
Summe:	890	2452,5	65,65
Zulage von Weizenklebereiweiß i. d. 1. Versuchsperiode:	14,8	ca. 60,7	12,25
Summe in der 1. Versuchsperiode:	904,8	2513,2	77,90
Zulage von Süßlupinenmehl i. d. 2. Versuchsperiode:	23,0	ca. 94,3	12,25
Summe i. d. 2. Versuchsperiode:	913,0	2546,8	77,90
1 g Weizenklebereiweiß	= 0,1328 g N	14,8 g	= 1,96 g N
1 g Süßlupinenmehl	= 0,0854 g N	23,0 g	= 1.96 g N

Tabelle.

Kurzfristiger Eigenversuch am Menschen.
1. Versuchswoche: 5 Tage.

Analys.-tag Nr.	Körp.-gewicht kg	Harn-menge ccm	Harn-C mg	Harn Vacat-O mg	Harn-N mg	C / N	V.-O/N	O/C
1	75,06	1200	10572	11232	13140	0.80	0,85	1,06
2	75,00	1390	11231	12065	14011	0,80	0,86	1,07
3	75,00	890	10333	10760	12522	0,82	0,86	1,04
4	75,00	1320	9557	10151	11919	0,82	0,85	1,06
5	75,02	1020	8976	9159	10343	0,87	0,88	1,02
Perioden-durchschnittswerte:			10134	10673	12387	0,82	0,86	1,05

2. Versuchswoche: 6 Tage.

Analys.-tag Nr.	Körp.-gewicht kg	Harn-menge ccm	Harn-C mg	Harn-Vacat-O mg	Harn-N mg	C/N	V.-O/N	O/C
1	75,00	820	9127	11939	9915	0,92	1,20	1,31
2	75,00	790	8666	11399	9638	0,89	1,18	1,31
3	75,00	680	8031	11240	9984	0,80	1,12	1,39
4	75,00	980	9193	12211	10731	0,86	1,14	1,33
5	75,00	900	8451	11043	9549	0,88	1,16	1,31
6	75,00	910	8427	11257	9746	0,86	1,15	1,33
Perioden-durchschnittswerte:			8649	11515	9927	0,87	1,16	1,33

Gewiß hatte die Untersuchung der Harnquotienten, wenn die Lupine ausschließlicher Nahrungs-N-Träger ist, wie es bei den Rattenversuchen der Fall war, wie auch dann, wenn die Lupine nur einen ansehnlichen Teil des Nahrungsstickstoffes deckt, wie es bei dem Menschenversuch der Fall war, gezeigt, daß sich in dieser Hinsicht die Lupine als Nahrungs-N-Träger ähnlich verhält wie das Casein. Die leicht erhöhte Lage des Oxydationsquotienten bei der Lupinennahrung hatte aber in beiden Fällen darauf hingedeutet, daß von einer Identität der Wirkung nicht die Rede sein konnte. Sehr ähnlich, fast identisch dagegen hatte sich die Lupine dem Casein gegenüber verhalten bei der Steuerung des Leberglykogengehaltes.

Hatte man schon in Bezug auf die Wachstumswirkung des Lupineneiweißes eine Identität der ernährungsphysiologischen Bedeutung dieses Eiweißes für den Baustoffwechsel mit dem Casein nicht behaupten können, so schienen doch im Betriebsstoffwechsel sich diese beiden Eiweiße sehr ähnlich zu verhalten. Daß keine völlige Identität in der Wirkung vorhanden war, dafür sprach schon, wie gesagt, die leichte Erhöhung des Oxydationsquotienten. Es war nun von Interesse das Verhalten des Lupineneiweißes im Betriebsstoffwechsel mit verfeinerter Methodik noch weiter zu analysieren als es bisher möglich war. Ich stellte daher die nachstehenden Versuche an, denen folgende Gedankengänge zu Grunde lagen:

Es hatte Bandow in einer Arbeit aus dem hiesigen Laboratorium in Versuchen an drei Gruppen von je 10 Ratten gezeigt, daß bei Vorfütterung mit einer definierten

Nahrung, in der die Kartoffel der Nahrungsstickstoffträger ist und die eine sehr hohe Harnquotientenlage unterhält $^2/_3$ Ersatz des Kartoffel-N durch Weizenkleber-N innerhalb von 2—3 Tagen eine Senkung der Harnquotienten bewirkt bis zu einem Tiefstand, der dem Weizenkleber-Eiweiß eigen ist, wenn es in der definierten Versuchsnahrung in reiner Form der alleinige Nahrungsstickstoffträger ist. Der Ausfall dieses Versuches besagt folgendes: Eine Mischung von $^1/_3$ Kartoffel-N und $^2/_3$ Weizenkleber-N unter Verwendung der Kartoffel und reinen Weizenklebers erzeugt eine Stoffwechsellage, die sich hinsichtlich der Quotientengestaltung so verhält wie diejenige, die durch Weizenkleber als alleiniges Nahrungseiweiß erzeugt wird. Die die Harnquotienten senkende Wirkung des Weizenklebereiweißes erwies sich in diesen Versuchen als sehr energisch. Aehnlich wie das Weizenklebereiweiß verhält sich in solchem Falle auch das Casein. Wenn man nun bei einem derartigen Versuch an Stelle des Weizenklebereiweißes eine N-aequimoleculare Menge von Lupinenmehl nahm, konnte man feststellen, ob das Lupinenmehl in gleich energischer Weise wie das Weizenklebereiweiß die Harnquotienten senkte oder ob das nicht der Fall war. War das nicht der Fall, dann ging daraus hervor, daß sich das Lupineneiweiß im Betriebsstoffwechsel wenigstens in dieser Richtung ganz wesentlich anders auswirkte als das Weizenklebereiweiß oder das Casein. Meine Versuche, die ich auf Grund dieser Ueberlegungen anstellte, zeigten nun, daß im Gegensatz zum Weizenklebereiweiß die hohe Harnquotientenlage, die von der Kartoffel als alleinigem Nahrungs-N-Träger unterhalten wird, wesentlich geringer gesenkt wird, wenn $^2/_3$ des Kartoffel-N durch Süßlupinen-N ersetzt wird, als wenn man als Ersatz Weizenklebereiweiß dazu nimmt. Gewiß sinken die Harnquotienten bei der Mischung in zweifelloser Weise, aber ihre definitive Lage ist bei diesér Mischung bei beiden Quotienten doch ganz wesentlich höher als sie der Lage entspricht, wenn die Lupine der alleinige Nahrungs-N-Träger ist. Ich habe 21 Tage lang diesen Mischungsversuch durchgeführt, ohne daß sich mit der Dauer der Gabe des Mischfutters irgendwie etwas nennenswert änderte, nachdem schon am 3. Tage nach Beginn der

Mischfütterung ein leicht erniedrigtes Niveau der Harnquotienten erreicht war.

Im einzelnen war der Versuchsverlauf folgender: Langsames Sinken der Körpergewichte infolge qualitativ ungenügender Eiweißnahrung. Auffällig sind die niedrigen Harnmengen an den beiden ersten Analysentagen der ersten Versuchsperiode mit Kartoffelflocken. Wahrscheinlich handelt es sich um eine Einstellungserscheinung des Körpers bei der neuen Diät. Die Harnstickstoffmengen sind in dem zweiten Versuch sehr gleichmäßig, im ersten Versuch aber auch in allen Perioden ähnlich. Die Quotienten sind in den korrespondierenden Versuchen identisch oder sehr ähnlich. Von den Kotanalysen wurde Abstand genommen, weil die Ratten sehr stark haarten und der Kot zu sehr mit den Haaren vermengt war. Im übrigen ist das Verhalten des Kotes bei meinem Selbstversuch genau geschildert worden.

Tägliche Futtermenge für 10 Ratten. Versuch I und II.

Es enthielten:

1 g	Kartoffelflocken	=	0,0099 g N
1 g	Lupinenmehl	=	0,0924 g N
1 g	Kartoffelstärke	=	0,0008 g N

I. Periode:		II. Periode:	
Kartoffelflocken	120,7 g	Kartoffelflocken	40,2 g
Zucker	20,0 g	Zucker	20,0 g
Salzgemisch	2,0 g	Salzgemisch	2,0 g
Apfelsinensaft	10,0 ccm	Kartoffelstärke	71,0 g
Lebertran	20,0 ccm	Lupinenmehl	8,6 g
Wasser	600,0 ccm	Apfelsinensaft	10,0 ccm
		Lebertran	20,0 ccm
		Wasser	600,0 ccm
ca. 68,4 Calorien pro Tier u. Tag.		ca. 67,6 Calorien pro Tier u. Tag.	

III. Periode:
Gleich Periode II.

IV. Periode:
Gleich Periode II.

Versuch I: Analysentabelle 10 Ratten:

Versuchstag	Körpergewicht g	Harnmenge ccm	Harn-C mg	Harn-Vacat-O mg	Harn-N mg	C : N	V.-O : N	O : C
			1. Periode: Kartoffelflocken.					
3	276	60	630	1107	344	1,83	3,21	1,56
4	276	80	715	1428	336	2,13	4,25	2,00
5	274	115	845	1684	427	1,98	3,95	1,99
6	274	100	759	1476	420	1,81	3,52	1,94
7	274	100	591	1403	357	1,66	3,93	2,37
Perioden-durchschnittswerte:			702	1419	377	1,88	3,77	2,02
			2. Periode: $^1/_3$ Kartoffelflocken + $^2/_3$ Lupinenmehl.					
10	273	120	620	1222	413	1,50	2,96	1,97
11	272	160	777	1534	488	1,59	3,14	1,98
12	277	145	648	1272	398	1,63	3,20	1,95
13	271	130	679	1357	455	1,52	2,98	2,00
14	270	140	738	1461	470	1,57	3,11	1,98
Perioden-durchschnittswerte:			692	1369	445	1,56	3,08	1,98
			3. Periode: $^1/_3$ Kartoffelflocken + $^2/_3$ Lupinenmehl.					
17	269	115	693	1385	441	1,57	3,14	2,00
18	268	120	616	1219	386	1,59	3,15	1,98
19	267	165	652	1280	416	1,57	3,08	1,96
20	267	185	629	1374	430	1,46	3,19	2,18
21	266	120	574	1096	370	1,55	2,97	1,91
Perioden-durchschnittswerte:			633	1270	409	1,55	3,11	2,01
			4. Periode: $^1/_3$ Kartoffelflocken + $^2/_3$ Lupinenmehl.					
22—25								
26	264	155	704	1451	456	1,54	3,18	2,06
27	263	125	581	1170	385	1,50	3,04	2,03
28	261	130	689	1347	435	1,58	3,09	1,96
Perioden-durchschnittswerte:			658	1322	425	1,55	3,09	2,01

Versuch II: Analysentabelle 10 Ratten:

Versuchstag	Körpergewicht g	Harnmenge ccm	Harn-C mg	Harn-Vacat-O mg	Harn-N mg	C : N	V.-O : N	O : C
			1. Periode: Kartoffelflocken.					
3	295	75	691	1349	411	1,68	3,29	1,95
4	295	100	957	1845	448	2,14	4,12	1,93
5	293	115	761	1507	383	1,99	3,93	1,98
6	293	100	745	1449	403	1,83	3,59	1,95
7	293	105	652	1550	412	1,58	3,76	2,37
Perioden-durchschnittswerte:			761	1540	411	1,85	3,74	2,02
			2. Periode: $^1/_3$ Kartoffelflocken + $^2/_3$ Lupinenmehl.					
10	289	120	574	1036	370	1,55	2,97	1,91
11	288	120	627	1302	487	1,44	2,98	2,09
12	288	145	633	1272	394	1,61	3,23	2,01
13	288	125	748	1430	469	1,59	3,05	1,91
14	287	130	690	1392	459	1,51	3,03	2,01
Perioden-durchschnittswerte:			654	1298	436	1,54	3,05	1,98
			3. Periode: $^1/_3$ Kartoffelflocken + $^2/_3$ Lupinenmehl.					
17	286	145	648	1224	394	1,65	3,11	1,89
18	286	150	707	1444	462	1,53	3,13	2,04
19	285	180	710	1397	444	1,60	3,15	1,97
20	284	175	570	1241	387	1,47	3,21	2,24
21	283	120	620	1222	413	1,50	2,96	1,97
Perioden-durchschnittswerte:			651	1305	420	1,55	3,11	2,02
			4. Periode: $^1/_3$ Kartoffelflocken + $^2/_3$ Lupinenmehl.					
22—25								
26	281	170	678	1285	419	1,57	3,06	1,95
27	280	160	658	1284	421	1,56	3,05	1,95
28	278	155	638	1282	421	1,52	3,05	2,01
Perioden-durchschnittswerte:			658	1284	420	1,55	3,05	1,97

Literaturverzeichnis

1. Ziegelmayer: Rohstoff-Fragen der deutschen Volksernährung. Steintopf, Dresden u. Leipzig 1936.
2. Bickel: Ueber die Beziehungen der Qualität des Nahrungseiweißes zum Ablauf des Betriebsstoffwechsels. Benno Schwabe u. Co. Basel 1938.

   Derselbe: Die Brotnahrung d. deutschen Volkes und seines Heeres in der Wirkung ihrer Eiweiße a. d. Energetik des Zwischenstoffwechsels. Verlag Georg Thieme, Leipzig, 1937.
3. Mangold: Nährwert und Futterwirkungen der Süßlupinenkörner. Züchtungskunde. Bd. 12, H. 4, 1937.

   Derselbe: Deutsche Landwirtschaftliche Presse. Nr. 7 u. 8. 1935.

   Derselbe; u. Damköhler: Archiv f. Geflügelkunde. 9. Jg., H. 8/9, 1935.
4. Kronacher u. Kliesch: Süßlupinenkörner als Eiweißfutter bei der Kartoffel- u. Getreidemast der Schweine. Züchtungskunde Bd. 10. H. 2, 1935.

   Kronacher, Kliesch u. Hundsdörfer: Fütterungsversuche mit Süßlupinenkörnerschrott an Milchkühen. Zeitschr. f. Züchtung. Reihe B. Tierzüchtung u. Züchtungsbiologie. Bd. 33, H. 1, Z 1935.
5. Columbus: Die Ausnutzung und biologische Wertigkeit der Süßlupinenkörner. Deutsche landwirtschaftliche Rundschau. Bd. I, H. 7.

   Derselbe: Fütterung mit Süßlupinen durch vier Generationen (nach Versuchen an Ratten). Tierernährung 7. Jg. 543—557.
6. Bongart: Kartoffel und Lupine. Dissertationsarbeit. Nach dem Manuskript zitiert.
7. Koeppen: Sojabohnen und Lupine: Dissertationsarbeit. Nach dem Manuskript zitiert.
8. Fabricius: Untersuchungen zur ernährungsphysiologischen Bedeutung der bitterstoffreien Lupine. Berlin 38. Hoffmann, Charlottenburg.

Lebenslauf

Ich, Berthold Fabricius, bin am 12. April 1909 in Pirmasens (Rheinpfalz) als Sohn des Amtsrichters Wilhelm Fabricius geboren. In Grünstadt besuchte ich die Volksschule und das Progymnasium und legte im Jahre 1927 in Neustadt an der Haardt am humanistischen Gymnasium die Reifeprüfung ab. In München, Wien und Berlin widmete ich mich 5 Semester dem Studium der Rechtswissenschaften. Im Winter 1929 begann ich in Würzburg mit dem medizinischen Studium und legte dort am Ende des 5. Semesters die ärztliche Vorprüfung ab. In Rostock verbrachte ich 3 klinische Semester und beendete nach weiterem Studium in Berlin das medizinische Staatsexamen Ende Januar 1936. Im praktischen Jahr war ich am städt. Krankenhaus Westend, dem städt. Krankenhaus in Lübeck und dem städt. Krankenhaus in Wandsbek tätig. Am 28. Januar 1937 erhielt ich die Approbation als Arzt. Am 6. Februar 1937 heiratete ich als Hilfsarzt am städt. Krankenhaus Westend die Aerztin Madlene Speck von Sternburg. Seit dem 15. Oktober 1937 bin ich planmäßiger Assistenzarzt auf der chirurgischen Abteilung dieses Krankenhauses.